МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАРЯДНОЙ СИСТЕМЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕНТ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ

А.С. Камышан[1)], А.И.Купчишин[2)], А.Е. Лагутин[1)]

[1)]Научно-исследовательское учреждение "Институт прикладных физических проблем им.А.Н. Севченко" Белгосуниверситета, ул. Курчатова 7, 220064 Минск, Беларусь, Тел/факс:+375 17 2774833; e-mail: KomarovF@bsu.by

[2)]Алматинский государственный университет, Алмата, Казахстан

В данной статье изложены результаты работы по модернизации ускорителя. Основное внимание было уделено реконструкции зарядной системы. Проведены испытания различных типов зарядных лент, систем нанесения заряда. Определен критерий устойчивости ленты транспортера зарядов, в который входят параметры зарядной системы.

Введение

В течение ряда лет в лаборатории элионики НИУ ИПФП БГУ проводились работы по модернизации системы зарядки ЭСУ -2. Целью этих работ являлось повышение надежности и качества основных параметров ускорителя, обеспечения удобного и безопасного обслуживания систем зарядки и ленты. Были сконструированы и установлены на ЭСУ -2 устройства нанесения заряда на ленту, стабилизатор тока зарядки ленты, проведены испытания различных типов зарядных лент.

Зарядное устройство

Зарядное устройство входит в состав ЭСУ –2 и служит для высоковольтного питания контактных систем нанесения заряда на транспортер электростатического ускорителя и обеспечивает возможность управления током зарядки, его регулировкой и стабилизацией. Выходное напряжение от 0 до 30 кВ. Выходной ток зарядки устанавливается в пределах от 0 до 300 мкА, максимальная пульсация выходного напряжения не превышает 15 В.

Устройство зарядки ленты обладает параметрами аналогичных устройств, но отличается от них компактностью и удобством в работе. Блок управления током зарядки ленты смонтирован на пульте ускорителя. Схема управления имеет два канала регулирования, что позволяет устройству работать как в режиме генератора тока, так и стабилизатора напряжения. Высоковольтный модуль зарядки представляет собой шестикаскадный умножитель напряжения и устанавливается около сосуда высокого давления ускорителя и соединяется высоковольтным кабелем с вводом зарядного устройства. Система предназначена для работы с контактным устройством зарядки. Для индикации выходного тока и напряжения используются стрелочные приборы, расположенные на блоке управления. Зарядное устройство разработано совместно со специалистами ГНЦ ФЭИ г. Обнинск.

Испытания зарядных лент

Одним из самых ненадежных узлов электростатических ускорителей является зарядная система с использованием ленточных транспортеров заряда [1]. Основными недостатками прежних зарядных лент были короткий срок службы и высокая степень износа рабочей поверхности. Усиленный износ ленты приводил к запылению газовой среды и высоковольтной структуры, что приводило к снижению электрической прочности ускорителя. Кроме названных недостатков, зарядная лента к тому же не имела необходимой жесткости и поэтому в процессе работы имела неустойчивое положение, что приводило к нестабильности потенциала на высоковольтном электроде.

Зарядные ленты, используемые на ускорителях нашего института, испытывались с применением различных способов нанесения и съема заряда (с помощью зарядных игл и контактного способа с использованием сеток и фольг). На ускорителях, на которых испытывались ленты, применялась конструкция нанесения и съема заряда на внешнюю сторону ленты. В таблице 1 показаны результаты испытаний различных типов зарядных лент.

Таблица 1

Результаты испытания зарядных лент

Характеристика тканей	Тип тканей	
	Ткань236	Ткань1590-3
Конструкция		
Основа (ткань)	перкаль	капрон
Тип резины (каучука)	натуральный каучук	синтетич. каучук метилстирольный
Толщина ленты	1,4 мм	2,8 мм
Механические		
Деформация при натяжении 1,0 кг/мм	3%	2%
Прочность межслойной связи	0,9 кг/см	1,7 кг/см
Срок службы ленты на ЭСУ	500 ч.	нет данных
Электрические свойства		
Поверхностный пробой	14,9 кВ/см	14,8 кВ/см
Поверхностное сопротивление	1.2×10^{11} Ом/мм	$1,5\times10^{12}$ Ом/мм

Как видно из представленных результатов лента Ткань1590-3 обладает более высокими электрическими и механическими свойствами, а также обладает высокой износоустойчивостью. В настоящее время проводятся испытания модифицированного образца зарядной ленты на основе ленты Ткань1590-3М.

Определение критерия устойчивости ленты транспортера зарядов

В большинстве современных ускорителей Ван де Граафа транспортер зарядов представляет собой ленту из упругого диэлектрического материала, движущуюся со скоростью v в коридоре шириной d, образованном градиентными стержнями (рис. 1).

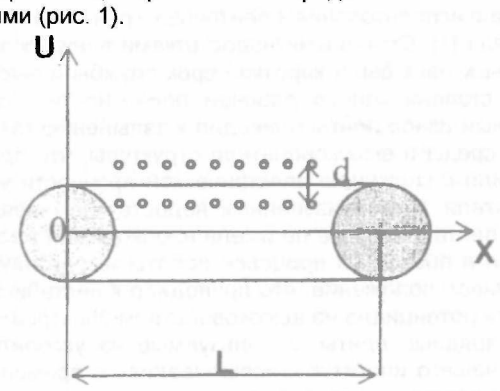

Рис.1. Транспортер зарядов с лентой и градиентными стержнями

Из опыта эксплуатации электростатических ускорителей известно, что при больших скоростях движения лента начинает биться о градиентные стержни, что приводит к износу транспортера и колебаниям энергии ускорителя [2]. Существует такая скорость ленты, при которой наступает потеря устойчивости. Критическая скорость связана с параметрами колебательной системы, ее размерами.

Расчет критической скорости определяется по формуле [3]:

$$v = \left(\alpha^2 - \frac{2\sigma^2 l^2 b}{\rho \pi^2 \varepsilon_0 d}\right)^{0,5},$$

где α - скорость поперечной волны,

$\alpha = (T_0 / \rho)^{0,5}$;

T_0 - сила натяжения ленты;

σ - поверхностная плотность зарядов ленты;

l - расстояние между валами;

b - ширина ленты;

ρ - погонная масса ленты;

ε_0 - диэлектрическая постоянная;

d - коридор, образованный градиентными стержнями.

При скорости, превышающей v, наступает потеря устойчивости прямолинейной формы равновесия. Расчет ускорителя, имеющего параметры ρ =1кг/м, σ = 17 мкКл/м^2, l =2 м, b =0,26 м, d = 4 см показал, что при натяжении ленты 4 кг/см критическая скорость составляет 30 м/с. Как показывает опыт эксплуатации ускорителей данного класса, данный расчет отображает действительное положение вещей. Реальная скорость движения ленты на ЭСУ-2 составляет 18,64 м/с.

Ионизаторы

До настоящего времени ионизаторами для зарядки ленты на ЭСУ- 2 служили коронирующие гребенки. Низкая износоустойчивость ленты Ткань236 не позволяла использовать контактный способ нанесения заряда. Тем не менее, в течение нескольких лет предпринимались усилия для улучшения наложения зарядов на ленту. Так, для равномерного распределения тока заряда по ширине ленты зарядные иглы были разделены на пять изолированных друг от друга секций, каждая из которых соединялась с выпрямителем зарядки ленты через сопротивление 51 Мом. При этом увеличение тока в какой-либо секции ограничивается увеличением падения напряжения на сопротивлении, и, таким образом, происходит автоматическое выравнивание тока зарядки по ширине ленты.

Однако, только с установкой новой зарядной ленты Ткань 1590-3 появилась возможность сконструировать и испытать контактные ионизаторы. В качестве основы для ионизатора использовалась мягкая стальная сетка. Ионизаторы нанесения заряда и съема заряда крепятся непосредственно на валах, по которым движется лента, что обеспечивает оптимальный контакт сетки ионизатора и зарядной ленты.

В результате установки контактного способа нанесения заряда более, чем в 2 раза снизилось напряжение питания высоковольтного выпрямителя, что обеспечивает большой запас по устойчивости.

Заключение

В процессе проведения модернизации зарядной системы были исследованы различные типы зарядных лент, показаны преимущества контактного способа нанесения заряда на ленту, установлены и испытаны зарядные блоки. В соответствии с представленными результатами можно сделать вывод о том, что модернизированная зарядная система существенно расширяет возможности электростатического ускорителя. Приведенные технические параметры зарядной системы, а также модернизация других основных узлов ЭСУ, таких, как ионный источник, ускоряющая трубка, свидетельствуют о перспективности использования электростатического ускорителя в решении широкого круга задач, связанных как с развитием ускорительной техники, так и с решением ряда исследовательских и прикладных задач в области микроэлектроники.

Авторы считают своим приятным долгом выразить глубокую благодарность главному научному сотруднику ГНЦ ФЭИ г. Обнинска д.т.н.

Романову В.А. за помощь и постоянное внимание к работе.

Список литературы

1. *Романов В.А. и др.* // Труды XI совещания по электростатическим ускорителям: Материалы XI конференции. – Обнинск, 1995. – С. 203.
2. *Пивовар Л.И. и др.* // Техника физического эксперимента. – 1985. – Вып. 1(22). – С.12.
3. *Игнатьев И.Г.* // Техн. Электродинамика. –1992 г., №2. – С.105.

MODERNIZATION OF THE CHARGING DEVICE AND INVESTIGATION OF A NEW CHARGING BELT IN THE ELECTROSTATIC ACCELERATOR

A.S. Kamyshan[1)], A.I.Kupchishin[2)], A.E. Lagutin[1)]
[1)]*Institute of Applied Physics Problems, 7 Kurchatova St., 220064, Minsk, Belarus*
Phone/Fax: +375 17 2774833; e-mail: KomarovF@bsu.by.
[2)]*Almata State University, Almata, Kazakhstan*

The report gives the results of the next stage of the accelerator ESA - 2 reconstruction. The main attention was paid to the upgrading of the charging system. There are many desirable characteristics for an electrostatic acceleration charging belt. A new belt is recommended for carrying positive charge to the terminal of a Van de Graaff accelerator. Compared to the rubberized cotton belt, the new belt gives superior performance in every way at a much lower cost.